

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Valentina Glivar

TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE PIVA I ZAŠTITA NA RADU U TVORNICI „HEINEKEN HRVATSKA“

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2016

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Valentina Glivar

TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE
PIVA I ZAŠTITA NA RADU U TVORNICI
„HEINEKEN HRVATSKA“

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Dr.sc. Zvonimir Matusinović

Karlovac, 2016

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Završni zadatak

Student: Valentina Glivar

Naslov završnog rada: Tehnološki proces proizvodnje piva i zaštita na radu u tvornici „Heineken Hrvatska“

Opis zadatka:

1. Uvod
2. Sirovine za proizvodnju piva
3. Podjela piva
4. Tehnološki proces proizvodnje piva u tvornici „Heineken Hrvatska“
5. Zaštita na radu u tvornici „Heineken Hrvatska“
6. Zaključak

Literatura

Zadatak zadan: 09/2016 Rok predaje: 10/2016 Datum obrane: 11/2016

Mentor:

Dr. sc. Zvonimir Matusinović

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Dr.sc. Nikola Trbojević, prof. v.š.

PREDGOVOR

Izraze zahvale prije svega upućujem svim profesorima Veleučilišta u Karlovcu, na prenesenom znanju i pruženoj pomoći tijekom ovih godina studiranja.

Zahvaljujem se i svim djelatnicima „Heineken Hrvatska“ koji su dio svojeg znanja i mnogo materijala podijelili samnom.

Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima koji su mi omogućili studiranje, podupirali me financijski, te mi uvijek bili podrška tijekom studiranja.

Od srca hvala i mom Marku, kojeg sam upoznala na ovom Veleučilištu, na ljubavi, strpljenju, podršci te razumijevanju za vrijeme studiranja.

Hvala i svim mojim prijateljima koji su me podupirali, poticali naprijed i bili uz mene.

Hvala Vam svima!

SAŽETAK

Pivo je slabo alkoholno piće, koje se proizvodi u procesu alkoholnog vrenja iz slada, hmelja, vode i pivskog kvasca. Voda je glavni sastojak. Slad se dobiva od žitarica, najčešće od ječma i daje pivu sastojke ekstrata o kojem ovisi punoća okusa i koncentracija osnovnog ekstrata piva. Hmelj konzervira pivo i daje mu ugodan miris i gorak ukus, dok pivski kvasac izaziva alkoholno vrenje u kome šećer prelazi u alkohol i ugljični dioksid.

Proces proizvodnje piva je veoma opsežan i zahtjevan i odvija se u nekoliko faza: mljevenje slada, ukomljavanje slada, filtriranje komine, kuhanje sladovine, taloženje, hlađenje, fermentacija, odležavanje, filtracija piva i punjenje piva.

Sigurnost i zaštita na radu vrlo je bitan faktor u procesu proizvodnje piva, s obzirom na to da postoje mnoge opasnosti za zdravlje radnika. Da bi se uklonila ili smanjila opasnost na najmanju moguću mjeru, potrebna je primjena odgovarajućih pravila za siguran rad (osnovna, posebna i priznata pravila) te stalna upotreba osobnih zaštitnih sredstava.

Ključne riječi: pivo, hmelj, slad, proces proizvodnje

ABSTRACT

Beer is an alcoholic beverage, which is produced in the process of alcoholic fermentation from malt, water, hop and beer yeast. Water is the main part of the beverage. Malt is obtained from cereals, mostly from barley and gives the beer ingredients of extract of which depends fullness of taste and concentration of the basic extract of beer. Hop conserves beer and gives it a pleasant flavor and a bitter taste, while beer yeast causes the alcoholic fermentation in which sugar converts into alcohol and carbon dioxide.

Production process is very extensive and demanding, also, takes place in several stages: milling, mashing, mash filtration, wort boiling, sedimentation, cooling, fermentation, maturation, filtration and bottling.

Security and safety at work is a very important factor in production process of brewing, taken into consideration that there are many health risks for workers. To eliminate or reduce to a minimum the risk, it is necessary to apply appropriate regulations for safety at work (elementary, special and accepted regulations) and also constant use of personal protective equipment.

Key words: beer, hop, malt, production process

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. SIROVINE ZA PROIZVODNJU PIVA.....	2
2.1. Pivski ječam.....	2
2.2. Slad.....	3
2.3. Voda.....	3
2.4. Hmelj.....	4
2.5. Pivski kvasac.....	5
3. PODJELA PIVA.....	6
3.1. Podjela piva prema vrsti kvasca.....	6
3.2. Podjela piva prema masenom udjelu ekstrakta.....	6
3.3. Podjela piva prema osnovnoj sirovini.....	7
3.4. Podjela piva prema boji.....	7
3.5. Podjela piva prema volumnom udjelu alkohola.....	8
4. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE PIVA U TVORNICI „HEINEKEN HRVATSKA“	9
4.1. Mljevenje slada.....	9
4.2. Ukomljavanje slada.....	11
4.3. Filtriranje sladovine i ispiranje tropa.....	12
4.4. Kuhanje, hmeljenje, hlađenje i filtriranje sladovine.....	13
4.5. Vrenje ili fermentacija.....	15
4.6. Odležavanje.....	17
4.7. Filtriranje piva.....	18
4.8. Mikrobiloška stabilizacija i koloidna stabilizacija.....	18
4.9. Punjenje piva.....	19

5. ZAŠTITA NA RADU U TVORNICI „HEINEKEN HRVATSKA“	23
5.1. Opasnosti i štetnosti u tehnološkom procesu.....	23
5.2. Osnovna pravila zaštite na radu.....	24
5.3. Posebna pravila zaštite na radu.....	25
5.4. Osobna zaštitna sredstva.....	25
6. ZAKLJUČAK.....	30
LITERATURA.....	31
POPIS SLIKA.....	32

1. UVOD

Znanost danas pivo uobičajeno definira kao pjenušavo osvježavajuće piće s malom koncentracijom alkohola i karakterističnom aromom hmelja, dobiveno vrenjem pивske sladovine s pomoću specijalnih vrsta pivskog kvasca. Pivska sladovina je vodeni ekstrakt ječmenog slada, neslađenih žitarica i hmelja [9]. Zakoni i pravilnici pivo uglavnom definiraju kao proizvod vrenja pivskih sirovina uz upotrebu čistih kultura pivskih kvasaca, a samo iznimno samovrenjem. Osnove sirovine za proizvodnju piva su ječam, hmelj i voda. U pivarstvu se upotrebljavaju samo specijalne vrste ječma. Proizvodnja piva je složen i dugotrajan proces, koji se dijeli na tehnologiju slada i tehnologiju piva.

Pivo je drevno piće, koje ima burnu i raznoliku prošlost. Upotrijebljavali su ga propovjednici kao vjerski simbol, liječnici kao lijek i radnici kao okrepu poslije napornog rada. Pivarstvo se temeljito promijenilo od ranog srednjeg vijeka kad su žene varile pivo u svojim kuhinjama i na njega su duboko utjecali tehnološki napredak izazvan industrijskom revolucijom u 19. stoljeću i potom inovacije u 20. stoljeću [2]. Razvilo se u jednu od najvećih i najsuvremenijih industrija.

2. SIROVINE ZA PROIZVODNJU PIVA

Pivo je pjenušavo osvježavajuće piće s malim udjelom alkohola i karakterističnom aromom hmelja, dobiveno alkoholnim vrenjem pивske sladovine pomoću pivskog kvasca. Osnovne sirovine za proizvodnju piva, osim pivskog kvasca, su pivski ječam, slad, voda te hmelj.

2.1. Pivski ječam

Pivski ječam je žitarica poznata kao arpa, bijelo žito i ječmen te je najuniverzalnija zrnata kultura (slika 1). Uzgajana je još oko 6000 godina p.n.e. i drži se da je porijeklom sa Srednjeg istoka. U najdavnija vremena se prženo zrnje ječma podvrgavalo postupku kuhanja i vrenja, te se upotrebljavalo za proizvodnju pjenušavog pića sličnog današnjem pivu. U pivarskoj industriji se koristi pljevičarski dvoredni ječam, pretežito jarih sorti, koji je bogat škrobom i relativno siromašan bjelančevinama (do 12%) [3].



Slika 1. Ječam

2.2. Slad

Ječmeni slad je osnovna sirovina za proizvodnju piva, kao što je i grožđe sirovina za vino, jer oboje preradom daju slatke tekućine, koje sadržavaju fermentirane šećere (slika 2). Za jednu litru standardnog piva (12% ekstrakta u sladovini) treba između 180 i 190 g slada, ovisno o njegovoj kakvoći i ekstraktivnosti [4]. U osnovi postoje tri glavna tipa slada: svijetli – „plzenski“, jače sušeni – „bečki“ i „bavarski“ slad koji je još jače sušen.



Slika 2. Slad

2.3. Voda

Voda je vrlo važna sirovina za proizvodnju piva, budući da pivo sadržava 85 – 95% vode. Mora odgovarati zakonskim uvjetima za pitku vodu, tj. mora biti besprijeckorno čista i mikrobiološki ispravna. Prirodne vode imaju veću ili manju količinu otopljenih mineralnih soli pa se dijele na meke, srednje tvrde i tvrde vode. Tvrdoća voda utječe na okus piva. Općenito pravilo kaže da se mekša voda upotrebljava za svijetla piva, dok se tvrda voda koristi za tamna piva.

2.4. Hmelj

Hmelj je višegodišnja dvodomna biljka penjačica, koja izraste i do osam metara (slika 3). Prašnički cvjetovi razvijaju se u visećim metlicama na muškim biljkama, a ženski u jajastim resama – češerima na ženskim biljkama. U proizvodnji piva koriste se samo neoplođeni, djevičanski ženski cvjetovi. Češeri hmelja sadržavaju lupulinska zrnca, bogata eteričnim uljima, tanin i hmeljne smole. Najvažnije su meke hmeljne smole, koje sadržavaju α i β hmeljne kiseline (α kiselina zove se humulon, a β kiselina lupulon). Nakon žetve u rujnu, hmelj se suši i tada je kao „prirodni hmelj“ spreman za uporabu. Može se upotrijebiti mljeven ili prešan (peletizirani hmelj) ili u obliku ekstrakta. Za gorkasti okus piva odgovoran je humulon. Lupulon je devet puta manje gorak od humulona, ali ima jača antiseptička svojstva. Gorke kiseline nisu topljive u vodi u svom prirodnom obliku, zato se hmelj kuha sa sladovinom, a hmeljne kiseline prelaze u izo-oblike, topljive u vodi. Gorčina piva ovisi o količini dodane gorke sorte hmelja, a njegova aroma o udjelu aromatične sorte. U pivovarama se najčešće upotrebljavaju jedna do dvije sorte hmelja (obično je jedna sorta gorka, a druga aromatična) [4].



Slika 3. Hmelj

2.5. Pivski kvasac

Pivski kvasac je jednostaničan organizam i pripada mikroskopskim gljivicama koje uzrokuju vrenje (fermentaciju), tj. razlaganje fermentabilnih šećera u alkohol i ugljikov dioksid.

Kvasac donjeg vrenja može biti praškast (dugo lebdi u tekućini) ili pahuljast (pahuljice se brže spuštaju na dno). Piva proizvedena s kvascem donjeg vrenja obično su čista i imaju zaokruženu aromu.

Kvasac gornjeg vrenja upotrebljava se za engleski tip piva, ali i za pšenična piva.

3. PODJELA PIVA

3.1. Podjela piva prema vrsti kvasca

1. Pivo proizvedeno sa čistom kulturom pivskog kvasca vrste *Saccharomyces uvarum* naziva se jednostavno „pivo“, „lager pivo“ i „pivo donjeg vrenja“ ili „kontinentalni“ tip piva. Ono se dobiva „hladnim“ vrenjem, pri 8 - 16°C. Nakon završenog vrenja, kvasac se istaloži na dno posude, a mlado pivo prebacuje u tankove za odležavanje, gdje dozrijeva pri 0 do 1°C, od jedan do deset i više tjedana. Punog je okusa zbog relativno velikog udjela neprevrelog ekstrakta, s izrazitom gorčinom i aromom po hmelju.

2. Pivo proizvedeno sa čistom kulturom pivskog kvasca *Saccharomyces cerevisiae* naziva se „pivom gornjeg vrenja“ (u Engleskoj se naziva „ale“). Ono se dobiva „toplim vrenjem“, do 25°C. Nakon završenog vrenja, kvasac ispliva na površinu piva, odakle se uklanja različitim postupcima obiranja. Mlado pivo se prebacuje u tankove za odležavanje, gdje dozrijeva pri 20°C.

3. Afričko pivo se dobiva s posebnom vrstom kvasca (*Schizomyces pombe*), koja u ekstremnim klimatskim uvjetima (30 - 40°C), može dati proizvod sličan pivu.

4. Spontano vrenje sladovine s „divljim“ neselekcioniranim kvascima, u većini zemalja pripada u daleku povijest obrtničkog pivarstva. [4] [7]

3.2. Podjela piva prema masenom udjelu ekstrakta

1. **Slaba ili laka (6 - 9%)** - imaju malen udjel alkohola i neprevrela ekstrakta.

2. **Standardna (10 - 12%)** - najčešće primjenjivana koncentracija ekstrakta u pivarstvu.

3. Specijalna (12,5 - 14%) - sadrže više neprevrelog ekstrakta, u usporedbi sa standardnim, nazivaju se i „puna“ (u Njemačkoj Vollbier).

4. Dvostruko sladna (18 - 22%) - „jaka“ piva jer osim povećane koncentracije neprevrelog ekstrakta sadrže i puno više alkohola od specijalnih piva.

5. Ječmena vina (16 - 26%) - piva s volumnim udjelom alkohola sličnom vinima, ali su zbog velikog udjela neprevrelog ekstrakta izrazito punog okusa, prilično „teška“.

3.3. Podjela piva prema osnovnoj sirovini

1. Osnovna sirovina - ječmeni slad - glavina piva se proizvodi od ječmenog slada, u mnogim zemljama se može djelomično zamijeniti neslađenim sirovinama.

2. Druga sirovina - pšenični slad - zamjenom najmanje 50% ječmenog s pšeničnim slalom dobiva se tzv. Pšenično ili Bijelo pivo

3. Treća sirovina - proseni slad - tradicionalno afričko pivo se proizvodi od prosa

4. Četvrta sirovina - raženi slad - raž ima vrlo svojstven okus, zbog voćnih, pomalo gorkih, pikantnih, uljastih i ponekad ljutih obilježja paprene metvice. S obzirom na ta obilježja raž nije općeprihvaćena sirovina u proizvodnji piva.

3.4. Podjela piva prema boji

1. Svijetla - do 10 EBC jedinica (Slika 4)

2. Crvena ili tamna - od 16 - 40 EBC jedinica

3. Crna - više od 40 EBC jedinica (Slika 4) [7]



Slika 4. Svijetlo i crno pivo

3.5. Podjela piva prema volumnom udjelu alkohola

1. **Bezalkoholna piva** - u većini zemalja mogu sadržavati do 0,5% alkohola, iznimka su islamske zemlje gdje pivo s tim nazivom ne smije sadržavati nimalo alkohola.
2. **Piva s malim udjelom alkohola** - tzv. lagana piva, jer sadržavaju ispod 3,5% alkohola.
3. **Standardna ili jednostavna piva** - standardna lager piva i „ale“ piva sadrže preko 3,5% alkohola.
4. **Jaka piva** - proizvode se iz sladovine s preko 12,5% ekstrakta i sadrže preko 5% alkohola.
5. **Ječmena vina** - po volumnom udjelu alkohola slična vinu, sadrže preko 8% alkohola.

4. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE PIVA

Proizvodnja piva je složen postupak, sastavljen od ovih tehnoloških faza:

- PRIPREMA SLADOVINE
- GLAVNO VRENJE
- NAKNADNO VRENJE
- DORADA I ISTAKANJE PIVA

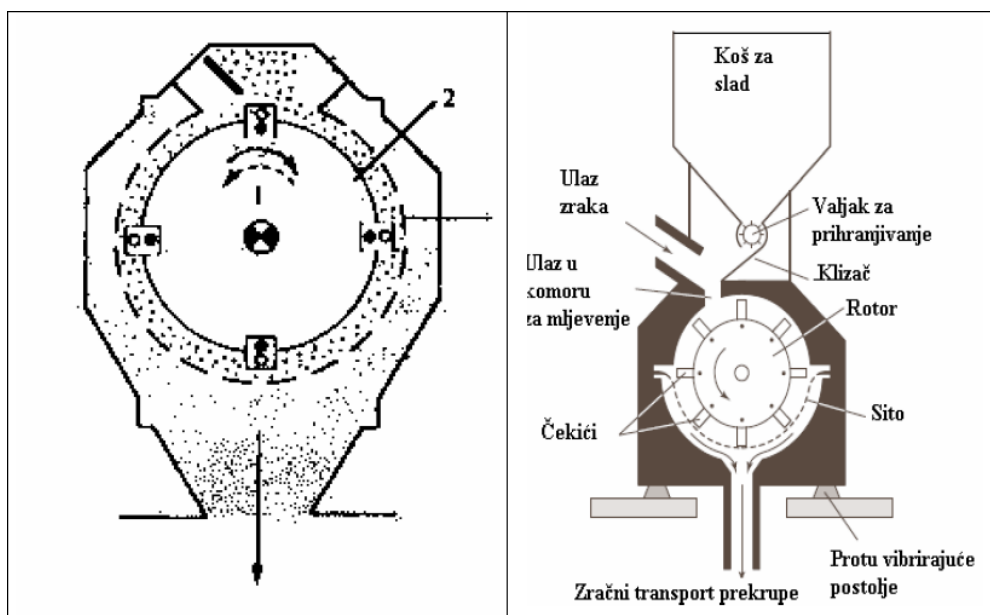
4.1. Mljevenje slada

Slad se prije pretvorbe u sladovinu usitnjava, što tijekom ukomljavanja omogućuje provođenje netopljivih dijelova slada u vodotopljive te kvalitetnu enzimsku hidrolizu (slika 5).



Slika 5. Istovar slada u tvornici „Heineken Hrvatska“

S tom se svrhom slad usitnjava na što manje dijelove. Mljevenje je mehanički proces usitnjavanja slada koji se tehnološki obavlja suhim mljevenjem, mokrim mljevenjem te mljevenjem u mlinu čekićaru (slika 6). Mlinovi za suho mljevenje (najčešći tip mljevenja pri proizvodnji sladovine) klasične su konstrukcije - sastoje se od dva, četiri, pet ili šest cilindara. Tehnološki se posebna pozornost pridaje smještaju cilindara u odnosu prema situ, obliku i veličini nazubljenja, omjeru brzina te udaljenosti između pojedinih cilindara. Suho mljevenje ne osigurava optimalan omjer granulacije endosperma i ovojnice zrna slada, što je tehnološki riješeno navlaživanjem slada prije mljevenja. Opisani tip mljevenja se obavlja u uređajima opremljenima za namakanje slada. Ako tehnologija omogućuje filtraciju sladovine suvremenim filtracijskim uređajima, ovojnice se ne upotrebljavaju kao filtracijsko sredstvo te je moguće mljevenje bez parcijalnog pristupa ovojnici i endospermu. Takav se način mljevenja obavlja u uređajima tipa mlin čekićar. Rezultat takvog načina mljevenja je povećan prinos pri proizvodnji sladovine. [1] [7]



Slika 6. Mlin čekićar

4.2. Ukomljavanje slada

Ukomljavanje slada najvažnija je tehnološka operacija u sklopu pripreme sladovine. Sladovina je vodeni ekstrakt ječmenog slada, neslađenih žitarica i hmelja. Ukomljavanje slada tehnološka je operacija kojom na temperaturama optimalnima za djelovanje enzima u precizno definiranim vremenskim intervalima hidrolitičkim promjenama nastaje ekstrakt koji služi kao hranjiva podloga za vrenje uz pomoć kvasca. Cilj proizvodnje sladovine, koja je tekuća hranjiva podloga za vrenje, jest prevođenje netopljivih sastojaka slada (i neslađenih žitarica) u vodotopljivi oblik uz pomoć enzimske hidrolize (škrob hidrolizira u fermentabilni šećer i dekstrin, proteini u peptide i aminokiseline). Temperatura ukomljavanja stupnjevito se podiže nakon optimalnog vremena zadržavanja.

Primarna proizvodnja sladovine tehnološki se obavlja pri ovim temperaturama:

- 45 - 50°C - optimalna temperatura za proteolitičke enzime i beta-glukanazu
- 62 - 65°C - optimalna temperatura za beta-amilazu
- 70 - 75°C - optimalna temperatura za alfa-amilazu
- 78°C završna temperatura.

Ovisno o tehnološkom načelu kojim se temperatura ukomljavanja zadržava pri navedenim vrijednostima, razlikujemo infuzijski i dekokcijski postupak. Pri infuzijskom postupku cjelokupna se suspenzija stupnjevito zagrijava do završne temperature, bez izdavanja dijela komine, dok se pri dekokcijskom postupku temperatura podiže izdvajanjem i zagrijavanjem dijela komine. Dio koji je zagrijan prepumpava se natrag te na taj način zagrijava cjelokupni volumen. Broj uvaraka proizvedenih u jednom danu rezultat je trajanja postupka ukomljavanja i separacije sladovine. Tehnološki normativ za tu operaciju optimalno predviđa tri sata, što znači proizvodnju osam uvaraka na dan.

4.3. Filtriranje sladovine i ispiranje tropa

Nakon procesa ukomljavanja komina se sastoji od u vodi otopljenih i neotopljenih tvari. Vodena otopina ekstrakta zove se sladovina, dok se neotopljeni dio naziva pivski trop. Za proizvodnju piva upotrebljava se samo sladovina, koja se mora potpuno odvojiti od pivskog tropa. Separacija sladovine od pivskog tropa tehnološki se obično rješava filtracijom, pri čemu pivski trop služi kao filtracijsko sredstvo. Pivski se trop iskorištava kao stočna hrana. Nakon ukomljavanja komina se prepumpava u kadu za cijedenje, gdje se ostavlja mirovati oko 30 minuta, dok se trop ne slegne na perforirano dno. Istaloženi trop služi kao filtracijski sloj, a sladovina dobivena filtracijom preko pivskog tropa naziva se prvom sladovinom (prvijencem) i sadržava 16 - 20% ekstrakta. Kako bi se proces filtracije ubrzao te kako bi se izdvojilo što više ekstrakta s filtracijskog sredstva, pivski se trop ispire vrućom vodom, pri čemu se profiltriraju 2/3 prve sladovine. Tim se postupkom koncentracija ekstrakta u profiltriranoj sladovini smanjuje, ali se povećava njezino iskorištenje i volumen. Za odvajanje sladovine od pivskog tropa mogu se također upotrebljavati tradicionalni i filtracijski uređaji nove generacije. Tradicionalni uređaji pločastog tipa, visokog kapaciteta zatvoreni su sustavi okvira, brtvi, ploča i filtracijskih sredstava. Filtracijska su sredstva tijekom godina napredovala od pamučnih i najlonskih sredstava do polipropilenskih ploča. Nova generacija filtracijskih uređaja tržišno je predstavljena 1990. godine i znači veliki napredak u smislu prinosa, iskorištenja i brzine priprave uvaraka. Prednosti odvajanja sladovine od pivskog tropa novom generacijom filtracijskih uređaja su:

- filtracijom se pripravlja sladovina vrlo niskog turbiditeta,
- pri mljevenju slada moguća je upotreba mlina čekićara jer ovojnice više ne služe kao filtracijski materijal,
- otapanje atmosferskog kisika je minimalno,
- održavanje uređaja je lako. [1]

4.4. Kuhanje, hmeljenje, hlađenje i filtriranje sladovine

Za vrijeme kuhanja sladovine provode se slijedeći procesi:

- ekstrakcija i transformacija gorkih tvari dodanog hmelja,
- stvaranje i taloženje kompleksa protein - polifenol,
- uparavanje vode,
- sterilizacija sladovine,
- denaturacija enzimskog kompleksa,
- bojenje sladovine,
- promjena kiselosti sladovine,
- stvaranje reducirajućih tvari,
- smanjenje sadržaja dimetilsulfida.

Komponente hmelja koje su bitne u proizvodnji piva su gorke tvari, ulje te polifenolne tvari hmelja. Gorke tvari hmelja odgovorne su za specifičan gorak irražaj piva, stabilnost pjene te antiseptičko djelovanje. Prema internacionalnoj nomenklaturi, bitne u gorke tvari alfa-kiseline (humulon, kohumulon, adhumulon) i beta-kiseline (lupulon, kolupulon, adlupulon). Vrijednost gorčine najviše ovisi o udjelu netopljive alfa-kiseline, koja tijekom toplinske obrade (kuhanja) izomerizira u topljive iso-alfa-kiseline. Normativna je količina izomerizirane alfa-kiseline tijekom kuhanja 1/3. Pivari odabiru hmelj uglavnom na bazi udjela gorkih kiselina jer je analitički vrlo teško odrediti aromu hmelja. Hmeljenje se tehnološki provodi usipavanjem proizvoda od hmelja u kotlove za vrijeme kuhanja sladovine (Slika 7).



Slika 7. Kotlovi za kuhanje sladovine u tvornici „Heineken Hrvatska“

Uparavanje vode i koncentriranje sladovine na normativni udio suhe tvari tehnološki se provodi tijekom kuhanja. S obzirom na to da je uparavanje sladovine energetski zahtjevan proces, nužno se provodi uz ove uvjete:

- uparuje se samo udio vode koji je nužan da bi se postigao željeni udio suhe tvari,
- energija se obvezno ponovno iskorištava.

Termička denaturacija staničnih proteina svih mikroorganizama rezultira sterilnošću sladovine. Inaktivacija enzimskog kompleksa sladovine također je posljedica toplinske obrade.

Boja sladovine tijekom kuhanja postaje tamnija zbog nastanka melanoidina reakcijama neenzimskog posmeđivanja.

Formacija melanoidina, uz izomerizaciju netopljivih u topljive gorke tvari hmelja, mijenja pH-vrijednost prema kiselom području. Pomicanje pH-vrijednosti u kiselo područje rezultira:

- boljim taloženjem kompleksa protein-polifenol,
- manje intenzivnom formacijom melanoidinskih komponenata,
- „čišćim“ izražajem gorčine u konačnom proizvodu,
- slabijom mikrobiološkom otpornošću.

S obzirom na temeljne zahtjeve metabolizma kvasca, sladovina se nakon kuhanja naglo hladi na temperaturu 5 - 10°C. Brzo hlađenje uvjetovano je povećanom vjerojatnošću infekcija prouzročenih sporim odvođenjem topline. Ta se operacija tehnološki obavlja u pločastim izmjenjivačima topline. Kako hlađenje rezultira mutnoćom sladovine, operacija se nastavlja tehnološkim postupcima kojima se postiže optimalna bistroća. Uzrok mutnoće je smanjenje topljivosti odvođenjem topline dijela kompleksa protein-polifenol. Optimalno se uklanjanje čestica mutnoće provodi uobičajenim mjerama bistrenja - centrifugiranjem, sedimentacijom, flotacijom i filtriranjem.

4.5. Vrenje ili fermentacija

Vrenje je biokemijska reakcija koja je posljedica metabolizma kvašćevih stanica. Tijekom vrenja kvasac prevodi glukozu u etilni alkohol (etanol). Tijekom vrenja u sladovini se događaju i ostale biokemijske reakcije koje uzrokuju kvalitativne i kvantitativne promjene sastojaka mladog i zrelog piva, pri čemu nastaju različiti nusprodukti vrenja. Vrenje se može podijeliti na glavno i naknadno vrenje, jer se ta dva procesa međusobno isprepliću. Nusproizvodi alkoholne fermentacije od presudne su važnosti za kakvoću konačnog proizvoda. [1]

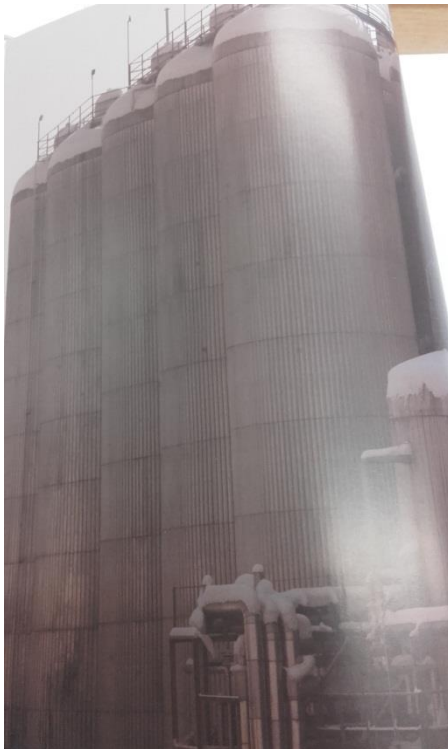
Aromatske tvari u pivi općenito se mogu podijeliti na:

- aromatske tvari zelenog piva (uzrokuju nezreo, nezaokružen i neuravnotežen izražaj piva te u višim koncentracijama narušavaju kakvoću piva)
- aromatske tvari zrelog piva (uvjetuju krajnji izražaj proizvoda te su u definiranim koncentracijama u visokokvalitetnom pivodu nužne.

Pivski kvasac se dijeli na kvasac donjeg i kvasac gornjeg vrenja. Pivski kvasac donjeg vrenja nakon vrenja sedimentira na dno fermentora, dok pivski kvasac gornjeg vrenja za vrijeme vrenja pokazuje svojstvo podizanja prema površini. Temperatura fermentacije s kvascem donjeg vrenja iznosi 6 - 8°C, dok je ona s kvascem gornjeg vrenja 15 - 25°C. Pivski kvasac donjeg vrenja postoji isključivo u obliku pojedinačnih stanica, što znači da se nakon pupanja stanice dijele na stanice-majke i stanice-kćeri. Kod kvasca gornjeg vrenja stanice-majke i stanice-kćeri nakon pupanja dulje vrijeme ostaju međusobno priljubljenje, što rezultira stvaranjem lanaca stanica. Zahvaljujući suvremenim automatskim stabilizatorima, danas je moguće u realnom vremenu promatrati rast populacije kvasca i njegovo stanje tijekom vrenja. Sva spomenuta mjerenja omogućuju brzo određivanje tijeka procesa, kao i njegovih različitih faza: lag faze, faze rasta kvasca, fermentacije, dozrijevanja i skladištenja.

Stupanj previranja je kemijska varijabla kojom se određuje postotak ekstrakta koji je iz nacijepljenje sladovine fermentirao u etilni alkohol. U trenutku kada pravi stupanj previranja dosegne ciljanu vrijednost pivo je spremno za pretakanje u posude za naknadnu fermentaciju i dozrijevanje. Naknadno vrenje i dozrijevanje se zbiva u posudama za doviranje i odležavanje i tada ekstrakt u pivu dosegne vrijednost 3,4 - 4%. Za vrijeme naknadne fermentacije pivo se zasićuje ugljikovim dioksidom, koji nastaje doviranjem preostalog ekstrakta pod tlakom te za vrijeme dozrijevanja prolazi osnovne postupke bistrenja i koloidne stabilizacije. Uobičajena temperatura odležavanja i doviranja je 0 - 2°C.

Danas se u tehnologiji proizvodnje piva za fermentaciju i odležavanje upotrebljavaju konično-cilindrični tankovi od nehrđajućeg čelika (slika 8). Glavno i naknadno vrenje danas ne traje dulje od 20 dana.



Slika 8. Cilindrično-konusni tankovi za vrenje i odležavanje piva

4.6. Odležavanje

Za vrijeme naknadnog vrenja i dozrijevanja u pivu se zbog doviranja ostatka ekstrakta pod tlakom povećava udio ugljikova dioksida te se uklanjaju sve čestice koje uzrokuju koloidnu nestabilnost. Tehnološki posljednja faza dozrijevanja je bistrenje i koloidna stabilizacija. Bistrenje se normativno smatra obavljenim ako koncentracija kvašćevih stanica prije filtracije ne prelazi 2×10^6 stanica/ml.

Mutnoća piva nije uvjetovana samo suspendiranim kvašćevim stanicama već i česticama čija je topljivost smanjena padom temperature. Taloženje je intenzivnije pri nižim temperaturama. Kako bi čestice zamućenja na hladnome sedimentirale, pivo mora odležati najmanje 7 dana pri temperaturi 0°C.

4.7. Filtriranje piva

Filtriranje piva je tehnološka operacija izdvajanja kvašćevih stanica i suspendiranih čestica od tekuće faze. Filtracija se u tehnologiji piva razlikuje s obzirom na načelo razdvajanja suspenzoida od tekuće faze, pa se razlikuju:

- površinska filtracija - na načelu sita, s mehaničkim razdvajanjem prema razlici promjera pora filtracijskog sredstva i suspenzoida
- dubinska filtracija - s učinkom separacije s obzirom na zadržavanje čestica suspenzoida u unutrašnjosti filtracijskog sredstva

U tehnologiji proizvodnje piva najčešće se upotrebljavaju naplavni filtracijski uređaji koji dvofazni sustav kruto-tekuće separiraju karakterističnim pomoćnim filtracijskim sredstvom koje se naplavljuje na perforirani nosač ili na ploče od finog tkanja.

4.8. Mikrobiološka stabilizacija i koloidna stabilizacija

Indikatori mikrobiološke nestabilnosti su infektivni mikroorganizmi, a u tehnologiji piva to su „divlji“ kvasci i bakterije. Mikrobiološka sigurnost se postiže strogim pridržavanjem higijensko-sanitarnih zahtjeva i toplinskom obradom - pločastom ili tunelskom pasterizacijom piva. Pločasta pasterizacija je tehnološka operacija obrade piva koja se izvodi u pločastim izmjenjivačima topline.

Tijekom pločaste ili flash pasterizacije pivo se pasterizira prije punjenja u ambalažu, pa postoji mogućnost naknadnih infekcija gotovog proizvoda. Tijekom tunelske pasterizacije pasterizira se proizvod napunjen u ambalažu (bocu ili limenku) pa ne postoji mogućnost naknadnih infekcija.

Koloidnu nestabilnost u pivu uzrokuju koloidni sustavi koji nakon stvaranja određenih uvjeta uzrokuju zamućenja. Koloidno otopljene molekule u pivu s vremenom stvaraju vodikove veze te posljedično tvore nakupine koje postaju vidljive. Vjerojatnost nastanka zamućenja u tehnologiji piva povećava se zbog povišenih temperatura skladištenja, oksidacijskih promjena, udjela teških metala u pivu te sa transportom piva i njegovom izloženošću svjetlosti.

4.9. Punjenje piva

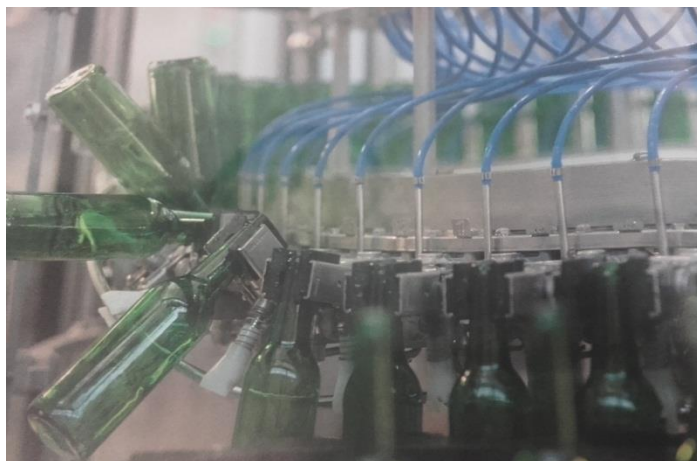
Da bi se zadržala kakvoća koloidno i mikrobiološki stabilnog piva tijekom punjenja, nužno se pridržavati osnovnih načela:

- tijekom punjenja potrebno je onemogućiti i najmanji dodir piva s atmosferskim kisikom,
- tlak na pivo tijekom punjenja mora biti konstantan,
- kompletno postrojenje za punjenje mora zadovoljavati vrhunske higijensko-sanitarne standarde.

Pivo se puni u staklene boce (povratne i nepovratne), limenke (aluminijske i čelične), PET ambalažu i bačve (povratne i nepovratne).

Punjenje boca u tehnološkom smislu dijeli se na slijedeće faze:

- čišćenje i pranje povratnih boca (slika 9),



Slika 9. Ispiranje boca prije punjenja piva u tvornici „Heineken Hrvatska“

- kontrola praznih boca
- punjenje boca,
- zatvaranje boca,
- pasterizacija,
- etiketiranje,
- otiskivanje roka trajanja piva,
- paletiziranje (slika 10).



Slika 10. Gotov proizvod na paletama

Pivo se puni visokotlačnim strojevima za punjenje, koji mogu raditi izobarometrijskom i diferencijalno-tlačnom metodom. Izobarometrijski uređaji rade na načelu rastakanja piva u okruženju jednakog tlaka u stroju za punjenje i boci, pa se pivo puni na načelu razlike u visini.

Diferencijalno-tlačni uređaji rastaču pivo na načelu razlike tlakova u stroju za punjenje i boci. Nakon punjenja boce se što je moguće brže zatvaraju. Obično stroj za punjenje i zatvaranje čini blok sa zajedničnim pogonom kako bi se osigurao sinkronizirani rad. Nakon punjenja, a prije zatvaranja boca u njima se vodenim mlazom visokog tlaka pobuđuje pjena kako bi se „head-space“ prostor prije zatvaranja ispunio pjenom. Boca se najčešće zatvara krunskim zatvaračem s 21 zupcem, koji se u položaj zatvaranja dovodi pneumatskim ili mehaničko-magnetskim transportom. Etiketiranje je tehnološka operacija koja uvjetuje kvalitetu vizualnog identiteta pa se posebna pozornost pridaje kvaliteti izrade i skladištenja prednje, stražnje i vratne etikete, vratnih folija na nepovratnoj boci te kvaliteti i nanosu ljepila. Rok trajanja utiskuje se na etiketu ink jetom ili laserskom tehnologijom. Na kraju procesa punjenja boce se ambalažiraju u nosiljke, a nosiljke se strojno paletiziraju (slika 11).



Slika 11. Ambalažiranje piva u nosiljke

Posljednja faza u procesu proizvodnje je distribucija, odnosno transport gotovog proizvoda do krajnjeg potrošača. Palete se po potrebi, ovisno o ambalaži podvrgavaju tzv. „stretchiranju“ pomoću stretch folije. Stretchiranje se u prvom redu radi kako bi proizvod i ambalaža u kojoj se nalazi proizvod stigli do potrošača neoštećeni, te kako bi proizvod bio zaštićen od prašine i vlage [10]. Tako stretchirana paleta prevozi se viličarem do kamiona (slika 12), te kamion prevozi gotovi proizvod dalje do krajnjeg potrošača.



Slika 12. Distribucija proizvoda kamionom

5. ZAŠTITA NA RADU U TVORNICI „HEINEKEN HRVATSKA“

Zaštita i sigurnost na radu u tvornici „Heineken Hrvatska“ vrlo je bitan faktor i smatra se prioritetom pa se stoga kontinuirano ulaže u osiguranje što sigurnijih uvjeta rada i podizanja svijesti zaposlenika. Aktivno se promiče nulta tolerancija na konzumiranje alkohola tijekom radnog vremena kako stalnim educiranjem zaposlenika, tako i redovitim kontrolama, a sve s ciljem da se i na taj način očuva zdravlje i sigurnost zaposlenika.

5.1. Opasnosti i štetnosti u tehnološkom procesu

U tehnološkom procesu proizvodnje piva pojavljuju se slijedeće opasnosti:

- mehaničke opasnosti,
- opasnosti od udara električne struje,
- opasnost od požara i eksplozija,
- toplinske opasnosti.

Mehaničke opasnosti pojavljuju se pri radu sa strojevima i uređajima, pri radu sa samohodnim radnim strojevima, ručnim alatom, upravljanju i posluživanju transportnim sredstvima, rukovanju i radu s predmetima rada te pri kretanju na radu. Zaštita na radu od mehaničkih opasnosti provodi se primjenom osnovnih pravila zaštite na radu kojima se uklanja ili smanjuje opasnost na sredstvima rada.

Opasnost od udara električne struje predstavljaju direktan ili indirektan dodir radnika sa dijelovima pod naponom kao što su oštećeni vodiči, kvar prekidača, razvodne kutije, neuzemljeni dijelovi električne opreme. Samo ovlaštene osobe mogu raditi s električnom opremom i upravljačkim ormarima.

Opasnost od požara i eksplozija mogu uzrokovati pare zapaljivih tekućina, krute tvari ako se nalaze u usitnjenom stanju te kvarovi na električnim instalacijama.

Toplinske opasnosti predstavljaju vrući dijelovi strojeva, para i vruća voda koja se upotrebljava u procesu proizvodnje.

5.2. Osnovna pravila zaštite na radu

Osnovna pravila zaštite na radu primjenjuju se prije svih ostalih pravila zaštite na radu. Ovim pravilima se u potpunosti uklanjaju odnosno smanjuju opasnosti koje bi mogla uzrokovati sredstva rada, a primjenjuju se na samim sredstvima rada [6].

U tvornici „Heineken Hrvatska“ od osnovnih pravila primjenjuju se slijedeća pravila:

- zaštićenost zaštitnim napravama - na svim strojevima postoje zaštitne naprave,
- osiguranje od udara električne energije - električne instalacije se redovito ispituju,
- osiguranje potrebne radne površine i putova za prolaz i evakuaciju - u radnim i pomoćnim prostorima osigurani su putevi za prolaz i evakuaciju,
- osiguranje potrebne rasvjete i mikroklimatskih uvjeta - u svim radnim i pomoćnim prostorima osigurana je potrebna rasvjeta,
- osiguranje od djelovanja po zdravlje štetnih i opasnih kemijsko-bioloških tvari,
- osiguranje od požara i eksplozija,
- osiguranje od mehaničkih opasnosti,
- osiguranje prostorija za osobnu higijenu.

5.3. Posebna pravila zaštite na radu

Posebna pravila zaštite na radu su specifična pravila koja se primjenjuju onda kada se osnovnim pravilima ne može postići potrebna zaštita radnika pri obavljanju određenih radnih zadataka u radnom procesu [6].

Posebna pravila sadrže:

- obvezu i način korištenja odgovarajućih osobnih zaštitnih sredstava - svi radnici dužni su, ovisno o mjestu rada, koristiti odgovarajuća osobna zaštitna sredstva,
- posebne postupke pri uporabi opasnih radnih tvari - smiju ih upotrebljavati samo za to osposobljeni radnici,
- obvezu postavljanja znakova upozorenja od određenih opasnosti i štetnosti - na mjestima rada i instalacijama postavljeni su znakovi sigurnosti i pisane upute za siguran rad,
- obvezu osiguranja napitaka pri obavljanju određenih poslova - svim radnicima osigurani su napitci i voda u rashladnim uređajima,
- postupak s unesrećenim ili oboljelim zaposlenikom do upućivanja na liječenje - na pojedinim mjestima je istaknut postupak u slučaju nesreće.

5.4. Osobna zaštitna sredstva

Upotreba osobnih zaštitnih sredstava i opreme posljednja je u nizu mjera zaštite koje se koriste kada se primjenom ostalih mjera nije uspjela u potpunosti otkloniti opasnost i/ili u potpunosti zaštititi radnika.

Pravo svakog zaposlenika je da besplatno dobije na raspolaganje odgovarajuća zaštitna sredstva, a obveza poslodavca je da mu ih osigura. Također, važno je da je zaposlenik osposobljen za pravilnu uporabu osobnih zaštitnih sredstava. [5]

Obveza je poslodavca da neposredno kontrolira da li zaposlenici koriste ta sredstva, i u skladu sa stanjem mogu poduzimati i određene mjere protiv zaposlenika koji to ne čine na odgovarajući način.

„Heineken Hrvatska“ posebnu pozornost posvećuje zaštiti radnika pa samim time i upotrebi osobnih zaštitnih sredstava prilikom rada. Minimalni zahtjev je nošenje radnog odijela i zaštitne obuće (slika 13).



Slika 13. Osobna zaštitna sredstva

U krugu tvornice jasno su ocrtane i ogradom zaštićene pješačke staze i strogo je zabranjeno kretati se van njih (slika 14).



Slika 14. Znakovi zabrane i obaveze

Za kretanje po pješačkim stazama i svim logističkim površinama obavezna je upotreba zaštitne kacige kao i zaštitnog prsluka (slika 15).



Slika 15. Zaštitna kaciga i zaštitni prsluk

Svaki pojedini dio tehnološkog procesa (fermentacija, varionica, punionica boca,...) ispred ulaza, na vratima, ima jasno istaknuta upozorenja o obaveznom korištenju dodatnih osobnih zaštitnih sredstava, osim radnog odijela i zaštitnih cipela. Tako npr. ispred punionice boca stoji upozorenje o obaveznoj zaštiti sluha kao i o obaveznoj zaštiti očiju (slika 16).



Slika 16. Znak zabrane i znakovi obaveze korištenja ozs-a

Rad na liniji gdje se pune boce zahtjeva zaštitu očiju s obzirom na to da se radi sa staklom i da pasterizirana piva u boci može eksplodirati. Upravo iz tog razloga koriste se zaštitne naočale sa bočnom zaštitom (slika 17).



Slika 17. Zaštitne naočale sa bočnom zaštitom

Osim zaštite očiju obavezna je i zaštita sluha. Za buku od 80 dB i više preporučeno je korištenje osobnih zaštitnih sredstava, a kod buke od 85 i više dB je obavezno. Ovisno o trajanju izloženosti i jačini buke u proizvodnom procesu koriste se zaštitni čepići za jednokratnu upotrebu i akrilni čepići s vezicom (slika 18).



Slika 18. Čepići za jednokratnu upotrebu i akrilni čepići s vezicom

Redovitom primjenom i kontrolama nošenja svih potrebnih osobnih zaštitnih sredstava u procesu proizvodnje eliminira se mogućnost ozljede kao i oboljenje od profesionalne bolesti.

Certifikat **OHSAS 18001** za sustav upravljanja zdravljem i sigurnošću na radu Heineken Hrvatska posjeduje od 2010. godine. OHSAS 18001 utvrđuje zahtjeve za kontinuirano provođenje mjera kojima se smanjuju rizici po zdravlje i sigurnost ljudi, sprječavanje pojave ozljeda na radu i bolesti povezanih s radom, kao i trajno poboljšavanje učinka na zdravlje i sigurnost. Sustav se održava i kontinuirano unaprjeđuje kako bi se osiguralo da zaposlenici rade u sigurnom radnom okruženju [8].

6. ZAKLJUČAK

Pivo se smatra jednim od najstarijih alkoholnih pića u povijesti. To je pjenušavo osvježavajuće piće sa karakterističnom aromom po hmelju i ugodnim gorkastim okusom. Pošto je zasićeno ugljikovim dioksidom i s obzirom na to da sadrži mali udio alkohola, pivo ne samo da gasi žeđ, nego i doprinosi poboljšanju općeg stanja organizma čovjeka.

Osnovne sirovine za proizvodnju piva su ječam, hmelj i voda. U pivarstvu se upotrebljavaju samo specijalne vrste ječma, tzv. pivarski ječam. Od pivarskog ječma se dobiva slad, od kojega se radi sladovina, koja se zatim fermentira u pivo.

Tehnološki proces proizvodnje piva je složen postupak koji se odvija u nekoliko faza a to su : mljevenje, ukomljavanje, filtriranje komine, kuhanje sladovine, taloženje, hlađenje, fermentacija, odležavanje, filtracija te punjenje piva. Svaki taj postupak je vrlo važan da bi se na kraju dobio kvalitetan proizvod, odnosno kvalitetno pivo. „Heineken Hrvatska“ ulaže mnogo napora u unapređenje svojih internih postupaka i procedura. Tome u prilog govore i certifikati koje posjeduju, a to su: ISO 9001 za sustav upravljanja kvalitetom, ISO 22000 za sustav upravljanja kvalitetom hrane, ISO 14001 za sustav upravljanja okolišem i OHSAS 18001 za zaštitu zdravlja i sigurnosti.

Zaštita na radu, te sigurnost i zdravlje zaposlenika prioriteti su kod poslovanja ove kompanije. U 2015. provedeno je više od 1.600 sati obuke o sigurnosti, a više od 300 zaposlenika sudjelovalo je na edukaciji. Broj nesreća na radu u 2015. godini smanjen je sa 4 na 1 nesreću za razini kompanije. Iz svog osobnog iskustva i rada u tvornici posljednih godinu dana, zaključujem da se zaista poštuju svi propisi i mjere zaštite na radu, te da se stalno radi na unapređenju iste.

LITERATURA

- [1] Više autora, Idemo na pivo!, Etnografski muzej Zagreb
- [2] Glover, B., Svjetska enciklopedija piva, Zagreb, 1999., ISBN 953-6188-39-2
- [3] Malcev, P.M., Tehnologija slada i piva, Beograd, 1967.
- [4] Marić V., Nadvornik Z., Pivo - tekuća hrana, Zagreb, 1995., ISBN 953-6449-01-3
- [5] Vučinić J., Vučinić Z., Osobna zaštitna sredstva i oprema, Karlovac, 2011., ISBN 978-7343-48-4
- [6] Vučinić J., Pravno reguliranje zaštite na radu, Karlovac, 2008., ISBN 978-953-7343-17-0
- [7] Mikulić N., Presentacija sa PBF-a
- [8] <http://www.heineken.hr/?lang=en>, 01.10.2016.
- [9] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Pivo>, 09.10.2016.
- [10] <http://bomarkpak.hr/folije.html>, 25. 09. 2016.

POPIS SLIKA

Slika 1. Ječam

Slika 2. Slad

Slika 3. Hmelj

Slika 4. Svijetlo i tamno pivo

Slika 5. Istovar slada u tvornici „Heineken Hrvatska“

Slika 6. Mlin čekičar

Slika 7. Kotlovi za kuhanje sladovine u tvornici „Heineken Hrvatska“

Slika 8. Cilindrično-konusni tankovi za vrenje i odležavanje piva

Slika 9. Ispiranje boca prije punjenja u tvornici „Heineken Hrvatska“

Slika 10. Gotov proizvod na paletama

Slika 11. Ambalažiranje piva u nosiljke

Slika 12. Distribucija proizvoda kamionom

Slika 13. Osobna zaštitna sredstva

Slika 14. Znakovi zabrane i obaveze

Slika 15. Zaštitna kaciga i zaštitni prsluk

Slika 16. Znak zabrane i znakovi obaveze korištenja ozs-a

Slika 17. Zaštitne naočale sa bočnom zaštitom

Slika 18. Čepići za jednokratnu upotrebu i akrilni čepići s vezicom